



## 我国中小城市污水处理关键适用技术

清华大学环境科学与工程系

周律 马金 张晓健

城市化是现代化的一个标志,中小城市是沟通大城市与小城镇及其周边地区的桥梁,大城市和小城镇的发展都离不开中小城市。

我国中小城市划分是指根据管理工作的需要,按市区(不包括市辖县)的非农业人口总数多少对城市规模进行划分。在我国城市规模的分类为:城市人口在 20 万人以下的为小城市,20~50 万人为中等城市。

全国中小城市众多,仅小城市占全国城市总数的 60%以上,全国中小城市建设好了,国家的整体面貌就会发生根本变化;反之,如果只是少数几个大城市发展,众多的中小城市还很落后,那我们的国家谈不上现代化,也很难跻身世界市场,参与国际竞争。所以,要十分重视中小城市的建设与发展。

全国 400 个中小城市,每年排放废水 100 亿立方米左右,水污染十分严重。发展中小城市是中国未来城市化的重点和方向。中小城市的健康发展,是促进区域经济社会发展、保障人民健康和走向持续发展的重要环节。目前中小城市的水污染不仅加剧了水资源的短缺,而且造成流域内居民发病率上升。

在我国中小城市中,建设城市污水处理厂是水污染防治的骨干工程。建设城市污水处理厂是纳入流域、区域水质管理规划并纳入社会经济发展规划的重要内容。为贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国水污染防治法》,使全国水环境状况基本上同国民经济的发展和人民生活水平的提高相适应,必须尽快扭转我国城市水环境污染的局面。因此,污水处理设施的建设和运行是我国中小城市当前水污染控制的重点。

中国在中小城市污水处理方面尚缺乏适用技术和设备制造技术,缺乏管理经验。建立中国中小城市污水管理体制和方法,掌握一批在中小城市具有代表性的污染源的治理技术和城市污水处理技术,可以大大推动我国污水处理设备产业的发展和促进中小城市持续发展。

### 1 我国中小城市城市污水处理适用技术和工艺

国务院环境保护委员会《关于防治水污染技术政策的规定》中指出:积极开发和研究高效、低能耗和能源部分自给的人工生物处理等城市污水处理技术和工艺流程,以节约投资、降低维护费和运行费。建设部、国家环保总局和科技部新近联合颁布的《城市污水处理及污染防治技术政策(城建[2000]124号)》对我国城市污水的治理从处理工艺到具体的措施都作出了规定。结合我国的特点,中小城市城市污水处理适用技术和工艺的重要特点是“高效低耗”,高效低耗城市污水处理技术和工艺,目前并无一明确的数值界定,其特征必定会随不同的时间随技术的进步以及不同的应用条件而有所不同。从我国目前技术水平和经济水平的情况来看,适合我国中小城市使用的这类技术或工艺应具备以下特征:

- .吨水投资应该控制在 1000 元以下(不包括征地和特殊的地基处理费用)。
  - .吨水直接运行费(主要包括工艺能耗、药剂费和人工费)应该控制在 0.30 元以下(如考虑脱氮除磷吨水直接运行费应该控制在 0.40 元以下),其中对一般城市污水吨水处理能耗在 0.20kWh 左右。
  - .尽量减少操作管理人员数量,操作管理人员数量为现有污水厂人员的 1/3-1/2。
- 从当前污水处理工艺和技术研究、开发和应用的情况看,在采用国内工艺设备、日处理规模小于 10 万吨的前提下,下面所列是技术可行且适合我国中小城市的高效低耗城市污水处理技术和工艺:
- .强化一级处理技术
  - .污水生态工程处理技术
  - .污水物理化学处理技术
  - .厌氧及不完全厌氧处理技术
  - .高负荷生物化学污水处理工艺



.高负荷生物滤池/固体接触和生物曝气滤池生物附着生长技术处理城市污水工艺  
.现有城市污水处理的革新工艺

## 2 我国中小城市城市污水处理关键技术

2.1 用于二级处理的一级处理强化技术作为城市污水厂二级生物处理的前置处理——一级处理，其功能为去除污水中的漂浮物和悬浮物。由于一级处理投资少，动力消耗低，不但可去除一部分有机物，而且对后续二级生物处理影响较大。采用强化一级处理技术，可以降低城市二级污水处理厂的投资。

二级处理的一级处理强化技术分为两类：一类侧重于物化机理，一类侧重于微生物的絮凝吸附原理。

化学强化一级处理工艺对 TP、SS、BOD 和重金属等的处理效果较好，耐冲击负荷的能力也较强。系统的基建投资、占地面积小于活性污泥法(包括 A/O、A<sup>2</sup>/O 等工艺)，而且运行管理灵活简便、处理过程稳定可靠、近期投资环境效益好。同时采用高效絮凝剂技术，具有投资低廉(为生化法的 1/5-1/10)，运行费用低的优点。

微生物絮凝剂强化一级处理，由于微生物絮凝剂絮凝效果好、投加量小、适用面广、无二次污染、絮体易于分离等优点，因而在废水脱色、油水分离、污泥脱水、畜牧场废水处理、瓦厂废水处理等方面已有广泛应用，效果显著。生物絮凝吸附法强化一级处理工艺，是利用微生物的絮凝吸附作用强化一级处理，与二级生物处理的本质区别在于二级生物处理主要利用生物氧化作用，将有机物矿化；而生物法强化一级处理则主要利用微生物的絮凝吸附作用快速去除污染物质，同时伴有少量的生物氧化。这就决定了它必然要比二级生物处理产生更多的污泥，但由于不投加任何药剂，其产泥量比物化处理产泥量少。

用于二级处理的一级处理强化技术的关键技术如下：

.无机絮凝剂与其它种类的絮凝剂复配使用的最佳协同作用效果；

.高效、廉价絮凝剂的优选；

.微生物絮凝剂在城市污水处理中的应用研究；

.生物絮凝吸附的工艺条件控制；

.冬季低温条件下的运行参数选择；

.一级处理工艺设备的优化选型。

### 2.2 曝气生物滤池工艺

曝气生物滤池工艺的主要特点如下：

占地面积小，基建投资省。曝气生物滤池之后不设二次沉淀池，可省去二次沉淀池的占地和投资。

出水水质高。由于填料本身截留及表面生物膜的生物絮凝作用，使得出水 SS 很低，一般不超过 10mg/L。氧的传输效率很高，曝气量小，供氧动力消耗低。曝气生物滤池中，氧的利用效率可达 20%—30%，曝气量明显低于一般生物处理法。

抗冲击负荷能力强，耐低温。曝气生物滤池可在正常负荷 2—3 倍的短期冲击负荷下运行，而其出水水质变化很小。

易挂膜，启动快。曝气生物滤池在水温 10-15 摄氏度时，2—3 周即可完成挂膜过程。

此外，曝气生物滤池采用模块化结构，便于后期改、扩建。

曝气生物滤池他在应用中尚需解决的关键技术如下：

.滤池填料的比选；

.曝气生物滤池和曝气系统的规范设计；

.曝气生物滤池处理我国典型城市污水的水力负荷、容积负荷；

.生物膜活性的研究；

.生物氧化、脱氮和截留 SS 的特性；

.曝气生物滤池反冲洗的基本要求和控制参数。

### 2.3 革新的氧化沟工艺

现代氧化沟工艺具有运行灵活、处理效果好、脱氮效果好、污泥稳定程度高等工艺特点。如交替式氧



化沟工艺通过将 2—3 条既联系又相对独立的单沟组合起来,通过改变氧化沟和操作方式,设置了相对独立的缺氧区与好氧区,形成 A/O 和 A<sup>2</sup>/O 的工艺环境,不仅可达到去除 BOD、SS 的目的,而且可达到生物脱氮除磷的目的。从目前国内氧化沟的应用来看,其突出的工艺优点是基建费用低,操作简单,运行稳定,易于维护管理,剩余污泥量少而且稳定,处理效果稳定可靠,出水水质好。

在应用中,氧化沟工艺需进一步的完善关键技术如下:

- .革新的氧化沟工艺脱氮、脱磷特性;
- .大型氧化沟水力流态特征;
- .革新的曝气系统设计;
- .影响脱碳、脱氮、脱磷的关键工艺参数;
- .革新的氧化沟配套系统的合理设计。

#### 2.4 革新的 SBR 工艺

SBR 法从问世以来,已经发展为城市污水处理的实用技术之一。其变种也有十几种之多,如 UNITANK 工艺、TCBS 工艺、MSBR 工艺等。革新的 SBR 工艺在城市污水应用中的重点是尽可能降低基建和运行费用,简化操作过程,提高系统的可靠性和灵活性。

革新的 SBR 工艺城市污水处理中的关键技术如下:

- .为达到同时硝化反硝化的目的,准确控制溶解氧的设计;
- .合理的滯水体积确定;
- .典型污水水质脱碳、脱氮、脱磷的关键工艺参数;
- .高效连续流 SBR 工艺的设计;
- .革新的 SBR 工艺配套系统的合理设计。

#### 2.5 污水生态工程处理技术

这类技术的最大特点是,运行维护费用低廉、运行可靠、简易且节省能源和实现污水资源化。

城市污水生态工程处理技术,包括氧化塘系统和土地处理系统。近年来我国一些中小城市修建的污水氧化塘运行结果表明,设计施工和运行维护良好的氧化塘系统,其出水水质(SS、BOD、COD 等)接近或达到常规二级处理出水水质,如辅之以必要的强化措施,完全可以达到《污水综合排放标准(GB8978-1996)》的规定。对于水生植物塘、养鱼塘等生物或生态净化塘,其脱氮除磷和去除细菌能力等都高于二级处理,达到部分三级处理的效果,而塘系统的基建费单价仅为常规二级处理厂基建单价的 1/5-1/3,运行维护费为常规二级处理的 1/2。

当前城市污水生态工程处理技术的重点与技术包括:采用多种人工强化措施提高氧化塘的去污效率,如利用风能向塘内充氧,人工养殖水生动物、植物,在塘内挂膜增大微生物栖息场所,布设人工软性、硬性填料等,对系统进行改善、组合,使之具备高效、快速和多功能的特点。采用光催化降解法,提高处理效率。在水中加入一定的光敏半导体材料,利用太阳能净化污水。

城市污水生态工程处理技术的关键技术如下:

- .城市污水生态工程处理技术的设计路线;
- .城市污水生态工程数学模型、工艺参数的优化。各处理单元的优化和组合,最优处理单元的设计。如何选取最佳的工艺组合形式,充分发挥单元构筑物的容积效应,在最小占地面积、最低工程造价情况下,达到城市污水出水水质标准的要求;
- .城市污水生态工程处理工艺的关键结合点的联接;
- .城市污水生态工程处理工艺生态调控点的特征和不同工况下的控制。

#### 参考文献

- [1] 《污水除磷脱氮技术研究与实践》(全国污水除磷脱氮技术研讨会论文集) 2000.3, 上海
- [2] 钦佩、安树青、颜京松.《生态工程学》, 南京大学出版社, 1998.7
- [3] 钱易、米祥友.《现代废水处理新技术》, 中国科学技术出版社, 1993.5



- [4] 秦裕珩等.《废水处理工艺手册》(内部交流资料), 1981
- [5] 文一波.发展适合中国国情的城市污水处理技术, 中国环保产业, 1999.8 , pp21
- [6] 施红伟.间歇式活性污泥法在污水处理中的应用, 化工环保, 1999.9(5) , pp53-56
- [7] 王凯军.厌氧(水解)好氧处理工艺的理论与实践, 中国环境科学, 1998 .4(18)pp18-21
- [8] 许泽美.生物膜法在市政污水处理中的应用前景, 中国给水排水 1999.8(15)pp24-26
- [9] 张敬东、张家华.污水处理技术的新发展, 环境技术, 1997.6, pp28—33
- [10] 聂军.生物过滤 BIOFOR 第三代生物膜反应池, 山东环境, 1998.5, pp20- 21
- [11] 汪永红.双沟式氧化沟技术在城市污水处理中的应用, 中国给水排水, 199 8.6(14), pp20-22
- [12] 于忠民.当代水污染防治的特点及发展, 中国给水排水, 19973(13) , pp26-28
- [13] 尤作亮、蒋展鹏等.城市污水强化一级处理的研究进展, 中国给水排水, 1 998.5(14), PP28—31

http://www.chinacitywater.org  
中国城镇水网